

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

**Zpracování přímo řazené převodovky jako výukové pomůcky**

**Solution of gearbox as teaching equipment**

Student:

Patrik Goetze

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Michal Richtář, Ph.D.

Ostrava 2015

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Patrik Goetze**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2301R003 Dopravní technika a technologie

Téma:

Zpracování přímo řazené převodovky jako výukové pomůcky  
Solution of Gearbox as Teaching Equipment

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Teorie rozbor
3. Technický popis řešené převodovky
4. Návrh řešení a tvorba výukové pomůcky
5. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

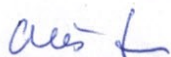
Matějka, R. Vozidla silniční dopravy II. Bratislava: ALFA Bratislava. 1990. ISBN 80-05-00392-7  
Vlk, F. Motorová vozidla I, Brno: VUT Brno. 1989. ISBN 80-214-0038-2

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Richtář, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

## **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě : .....

.....

podpis studenta

## **Prohlašuji, že**

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo,
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3),
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona,
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Patrik Goetze

Adresa trvalého pobytu autora práce: Petrovice u Karviné, Závada 72

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

GOETZE, P. Zpracování přímo řazené převodovky jako učební pomůcky: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2015, Vedoucí práce: Richtář, M.

Náplní mé bakalářské práce je návrh a realizace výukové pomůcky do předmětů zabývajících se konstrukcí silničních vozidel a převodových ústrojí. Celá práce je rozdělena do dvou základních částí, na část teoretickou a část praktickou. V teoretické části se věnuji teorii didaktiky, dále v této části popisuji vývoj, funkce a rozdělení převodových ústrojí. V praktické části se věnuji konkrétní převodovce, jejímu popisu, a realizaci výukové pomůcky. V závěru práce jsou uvedeny návrhy a doporučení. Přílohy obsahují fotodokumentaci učební pomůcky, výrobní výkresy a informační tabulku na stojan převodovky.

## **ANOTATION OF MASTER THESIS**

GOETZE, P. Solution of gearbox as teaching equipment: bachelor thesis. Ostrava: VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2015, Thesis head: Richtář, M.

The aim of my thesis is the design and implementation of teaching equipment to subjects dealing with the design of road vehicles and transmissions. The thesis is divided into two main parts, the theoretical and practical part. The theoretical part is devoted to the theory of didactics, in this section is also describe the historical development, function and division of transmissions. In the practical part is devoted to a specific gear, its description, and solution of teachin equipment. The final part contains suggestions and recommendations. The enclosures contain photo of teaching aid, manufacturing drawings and information table onto a stand of gearbox.

## Obsah

1	Úvod .....	8
2	Teorie didaktiky.....	9
3	Teoretický rozbor převodového ústrojí .....	10
3.1	Vývoj .....	10
3.2	Funkce.....	11
3.3	Rozdělení .....	11
3.3.1	Rozdělení podle způsobu změny převodového stupně .....	11
3.3.2	Rozdělení podle druhu převodů .....	12
3.3.3	Rozdělení podle způsobu řazení.....	15
3.3.4	Rozdělení podle způsobu synchronizace .....	16
3.4	Rozvodovka .....	17
3.4.1	Druhy stálých převodů .....	18
3.4.2	Diferenciál.....	19
3.5	Základní parametry .....	19
4	Detailní informace k převodovce .....	21
4.1	Technické parametry.....	21
4.2	Konstrukční řešení .....	25
5	Realizace pomůcky.....	33
5.1	Návrh využití .....	33
5.2	Návrh řešení.....	33
5.3	Postup práce:.....	34
5.4	Realizace samotné pomůcky:.....	35
5.5	Stojan .....	36
5.6	Informační cedule .....	37
5.7	Návrh a doporučení.....	37
6	Závěr.....	38
7	Použitá literatura a zdroje .....	40

## Seznam použitých značek a symbolů

HDi – High-pressure Direct injection (označení vznětového motoru s přímým vstřikováním)

$i_c$  – celkový převodový poměr [-]

$i_i$  – převodový poměr [-]

$i_s$  – převodový poměr stálého převodu [-]

$i_z$  – převodový poměr z-tého (posledního) stupně [-]

$i_{z-1}$  – převodový poměr (z-1)-tého stupně [-]

$i_1$  – převodový poměr prvního stupně [-]

$n$  – otáčky [ $\text{min}^{-1}$ ]

PSA - Peugeot Société Anonyme (dřívější označení pro dnešní PSA Peugeot Citro  n)

$q$  – kvocient [-]

$q_n$  – kvocient posledního a předposledního převodového poměru [-]

$R$  – rozsah rychlostních stupně [-]

$v$  – rychlost [ $\text{km/h}$ ]

$y$  – stupeň progresivity [-]

$z$  – poslední převodov   stupeň [-]

$z_{ij}$  – počet zubů jednotlivých kol [-]

# 1 Úvod

Automobilová převodovka je jednou z nejsložitějších mechanických částí nacházející se takřka ve všech silničních vozidlech dnešní doby. Její neustálý vývoj, nyní směřován spíše k automatizaci řazení, především díky nejrůznějším elektronickým systémům vede ke zlepšování vlastností, ale dělá z převodovky ještě složitější zařízení. Automobilová převodovka je díl, který je konstruován na dobu životnosti automobilu, což klade obrovské nároky na její konstrukci, proto je dnes kompletně navrhována a zdokonalována s pomocí výpočetní techniky. Kromě životnosti (bezporuchovosti) jsou kladeny požadavky na co nejtišší chod, plynulý záběr, co nejvyšší rychlost při co nejnižší spotřebě, nejnižší možnou váhu a cenu. Především cena hraje v dnešní době při velkosériové výrobě velkou roli.

Pro pochopení takto složitého strojního zařízení je lepší vidět a „osahat“ si ho. Člověk tak jednodušeji pochopí základní funkční principy převodovky jako je řazení jednotlivých převodových stupňů, včetně zpětného chodu a synchronizaci ozubených kol. Toto se ve své práci pokusím názorným modelem, který je součástí mé bakalářské práce vysvětlit. Doufám, že má práce najde uplatnění v předmětech, které se věnují konstrukci převodových ústrojí a studenti si na ní lépe osvojí základní funkce převodovky. Protože dnešní trend je ubírán spíše směrem teoretické výuky a praxe se dnes již takřka vypouští.



## 2 Teorie didaktiky

Didaktika je v dnešní době chápána jako samostatná vědní disciplína, avšak nelze ji odpojit od ostatních částí pedagogiky. Zabývá se formami a metodami vyučování. Je to pojem odvozený z řeckého slova „didaskein“, což znamená učit, vyučovat, poučovat, jasně vykládat, dokazovat. [1]

Pojem „didaktické prostředky“ jako kategorie didaktická zahrnuje „všechny materiální předměty, které zajišťují, podmiňují a zefektivňují průběh vyučovacího procesu. Jde o takové prostředky, které v úzké souvislosti s vyučovací metodou a organizační formou výuky napomáhají dosažení výchovně vzdělávacích cílů“ (Maňák, 1995). S rozvojem vědy a techniky se postupně vyvíjí i vybavení škol, které je v současné době významným modernizačním faktorem. Učební pomůcky usnadňují proces učení, pomáhají žákům k osvojení dovedností a vědomostí. Dělí se do následujících kategorií (Maňák 1995). [2]

- skutečné předměty (přírodniny, preparáty, výrobky)
- modely (statické, dynamické)
- zobrazení:
  - obrazy, symbolická zobrazení
  - statická projekce
  - dynamická projekce
- zvukové pomůcky (hudební nástroje, gramofonové desky...)
- dotykové pomůcky (reliéfové obrazy, slepecké písmo)
- literární pomůcky (učebnice, příručky, atlasy, texty)
- programy pro vyučovací automaty a počítače

Volba vhodných pomůcek musí probíhat s ohledem na cíl, který jeho vyučování sleduje, na věk, psychologický vývoj žáků a jejich dosavadní zkušenosti a vědomosti a v neposlední řadě musí být brán ohled na podmínky realizace (vybavení škol, tříd) a na zkušenosti a dovednosti učitele. [3]

### 3 Teoretický rozbor převodového ústrojí

#### 3.1 Vývoj

První převodové ústrojí se u automobilu objevilo již v roce 1894, přišla s ní dvojice Francouzů Louis-Rene Panhard a Emile Levassor, jednalo se o manuálně řazenou dvoustupňovou nesynchronizovanou převodovku, která nebyla společností příliš kladně přijata. Rok poté představili upravenou třístupňovou verzi, ta se dá pokládat za první opravdovou převodovku. Do té doby měla všechna vozidla klikový hřídel motoru přímo připojen na pohon kol.

Cadillac v roce 1928 významně převodovku upravil přidáním ozubených kol, které vyrovnávaly rozdíly v rychlosti otáčení mezi jednotlivými stupni, tím vznikla první synchronizovaná manuální převodovka, jak jí známe dnes. Patent později zdokonalili v automobilce Porsche. [4]

Roku 1904 přišli bratři Sturtevanovci s prvním prototypem automatické převodovky, do výroby se však nedostala kvůli řadě nedostatků. První automatickou převodovkou v sériově vyráběných vozech byla v roce 1937 Automatic Safety Transmission automobilky Oldsmobile.

Během následujících let prošla automatická převodovka více vývojovými stupni. V roce 1948 vznikla první moderní automatická převodovka díky systému hydrodynamického měniče automobilky Buick. [5]

Dnešní moderní automatické převodovky, sedmi, osmi i více stupňové se vyznačují nižší spotřebou oproti manuálním převodovkám, různými jízdními režimy (například sportovní režim, ekonomický režim), možností přímého řazení a plynulým chodem (bez pocitu přeřazení rychlostního stupně), na druhou stranu jsou to konstrukčně velmi složitá zařízení plná elektroniky.

### 3.2 Funkce

Převodovka je nedílnou součástí snad všech moderních motorových vozidel, jedná se o část převodového ústrojí motorového vozidla sloužící ke změně točivého momentu, popřípadě smyslu otáčení (zpětný chod) a k dlouhodobému přerušení toku točivého momentu (neutrál). Dále do převodového ústrojí řadíme spojku, kloubové hřídele, rozvodovku, hnací hřídele a v některých případech kolové redukce.

Tok točivého momentu jde od klikové hřídele motoru, přes spojku do převodovky, která pak díky jednotlivým převodovým stupňům posílá točivý moment dále do rozvodovky a ta pomocí hřídelů rozvádí točivý moment na jednotlivá kola.

Převodovka musí být konstruována tak, aby při nižších rychlostních stupních přenášela na kola vozu velký točivý moment při malých otáčkách. Tyto podmínky jsou důležité tam, kde potřebuje velkou sílu na obvodu kola vozidla, což je především při jeho rozjezdu. Při nízkých převodových stupních je velký převodový poměr. Vyšší převodové stupně musí být odstupňovány tak, aby se zvyšovaly otáčky, tím klesal točivý moment na kole. Toho je dosaženo snižováním převodového poměru, síla na obvodu kola vozidla se snižuje, kola dosahují větších otáček a vozidlo se může pohybovat vyššími rychlostmi. Kromě této základní podmínky jsou dnes na převodová ústrojí vyvíjeny velké nároky na co nejnížší hmotnost, nejmenší rozměry, nízkou hlučnost a vibrace, bezúdržbový chod, velkou mechanickou účinnost, vysokou spolehlivost a životnost.

### 3.3 Rozdělení

Automobilové převodovky můžeme obecně dělit podle třech hledisek:

- podle způsobu změny převodového stupně
- podle druhu převodů
- podle způsobu řazení
- podle způsobu synchronizace

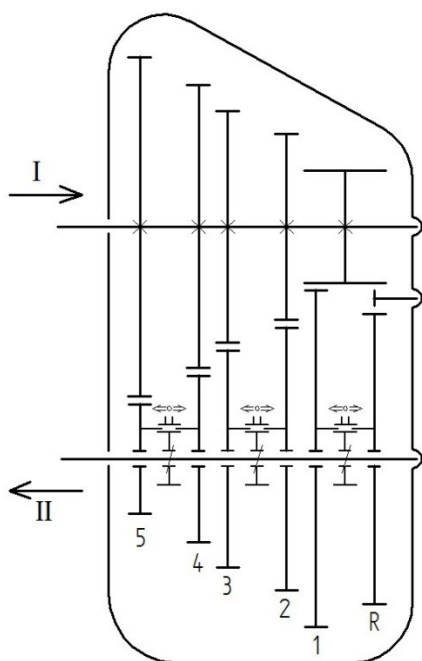
#### 3.3.1 Rozdělení podle způsobu změny převodového stupně

- Skokové – převodovky s ozubenými koly, převodový poměr měněn skokově
- Plynulé – řemenové, hydrostatické, hydrodynamické měniče a elektrické převodovky, převodový poměr měněn plynule

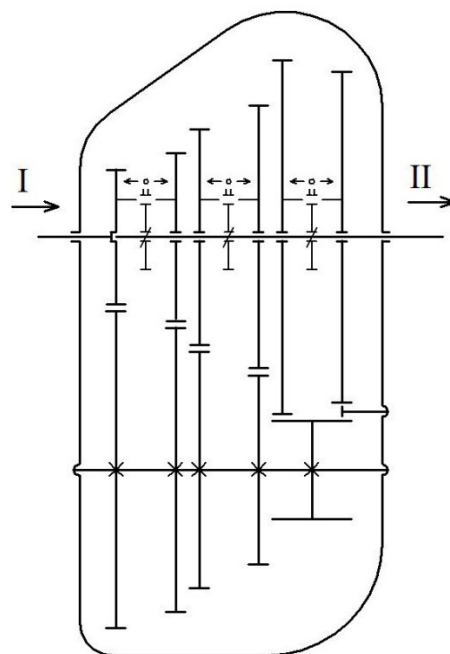
### 3.3.2 Rozdělení podle druhu převodů

#### Předlohovové převodovky

V současnosti nejpoužívanější, jsou tvořeny čelními ozubenými koly uloženými na hřídeli. Používá se dvojí provedení, dvouhřídelové (nesouosé) a tříhřídelové (souosé).



**Obr. 1** Dvouhřídelová převodovka

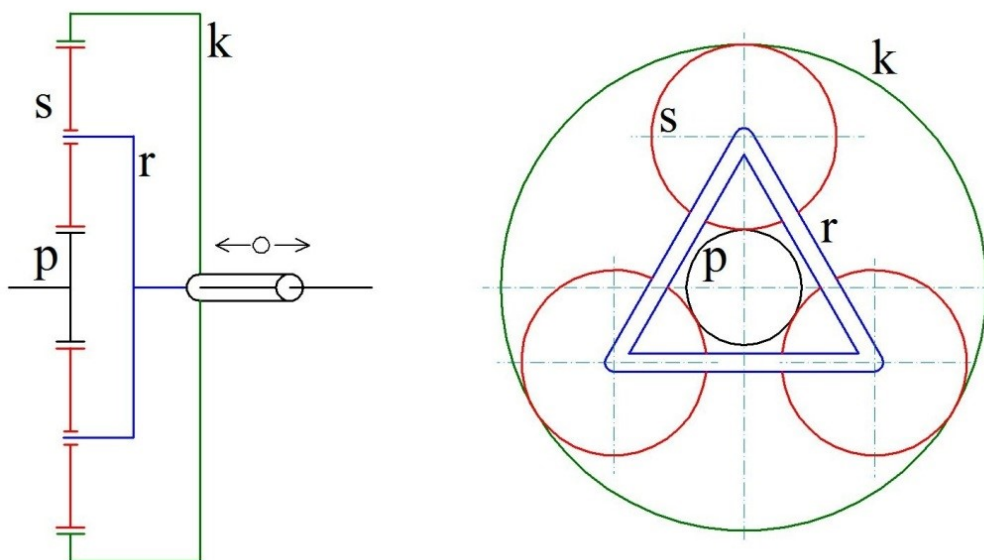


**Obr. 2** Tříhřídelová převodovka

- Dvouhřídelové: hlavní části tvoří hnaná (vstupní, I) a výstupní (předlohová, II) hřídel. Na hřídelích jsou umístěna ozubená kola, na hnané buď posuvně, nebo v ložiscích (podle systému řazení), na výstupní jsou nalisovány. V záběru je vždy jen jeden pár ozubených kol.
- Tříhřídelové: tok točivého momentu je přenášen ze vstupní hřídele (I) na předlohovou hřídel, z té pak na výstupní (II). Rozdíl proti dvouhřídelové převodovce spočívá v tom, že jsou při přenosu točivého momentu v záběru vždy dva páry ozubených kol, pokud není zařazen tzv. přímý záběr. [6]

## Planetové převodovky

Jejich výhoda spočívá v tom, že při přeřazení nedochází k přerušení točivého momentu. Je složena ze čtyř hlavních částí: centrálního kola, satelitů, unášče a korunkového kola. Aby se točivý moment přenášel, musí být jedna ze tří pohyblivých částí brzděna. Nejvíce využívané jsou u automatických převodovek, kde najdeme dvě až tři planetová soukolí (více jich je z důvodu velkého skoku mezi prvním a druhým stupněm). [6]



**Obr. 3** Planetová převodovka

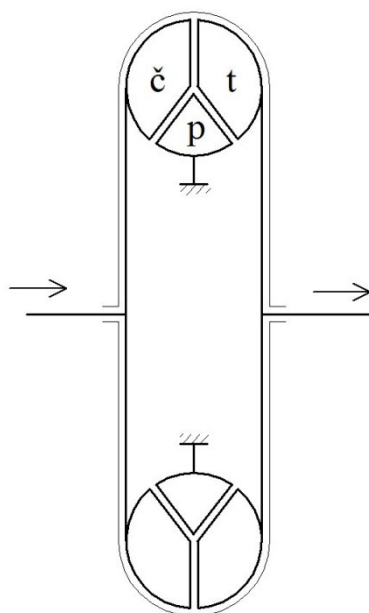
(p - centrální kolo, k - korunkové kolo, r – unášče satelitů, s – satelit)

## Hydrodynamické měniče

Přenášený točivý moment je měněn bez zásahu řidiče. Je složen ze tří hlavních částí:

- čerpadla – spojen s klikovou hřídelí napevno
- rozvaděče – reakční prvek, násobí moment
- turbíny – výstupní prvek poháněný čerpadlem

Motor pohání přímo čerpadlo, díky odstředivé síly je olej tlačěn mezi lopatky čerpadla směrem ven. Turbínové kolo se roztáčí vlivem zachytávání mechanické energie kapaliny o lopatky. Kapalina proudí v uzavřeném cyklu, od čerpadla k turbíně a přes rozvaděč zpět do čerpadla. Mezi nevýhody patří malý rozsah působnosti a velké ztráty (až 10%). Bývají vstupním prvkem automatických převodovek, vyskytují se ve vozidlech běžně ve spojení s planetovými převodovkami. [6]



**Obr. 5** Hydrodynamický měnič (č – čerpadlo, t – turbína, p – rozvaděč)

### **Řemenové převodovky**

Plynulé řazení, beze ztráty výkonu, rázů a šubání zajišťuje speciální klínový řemen společně s dvojicí dělených kuželových řemenic. Fungují díky axiálnímu posuvu kotoučů dělených řemenic, změna průměru řemenice při zachování délky řemene zaručuje plynulou změnu převodového poměru.

### **Hydrostatické převodovky**

Skládají se z rotačního pístového čerpadla poháněného motorem vozidla a z téměř totožného pístového motoru, který pohání vozidlo. Tyto části jsou v uzavřeném okruhu, spojuje je vysokotlaké potrubí. Rychlost vozidla závisí na naklonění čerpadla a motoru.

### **Elektrické měniče**

Vyskytuje se u trolejbusů. Elektromotor je ovládán frekvenčními měniči. Výhodou je rozjezd bez rázů a velký točivý moment. [6]

### 3.3.3 Rozdělení podle způsobu řazení

#### Přímé řazení

Řidič ho vykonává vlastní silou. Podle pohybu řadicí páky, jejího umístění a činnosti na řazení:

- **kulové:** ve víku převodovky je řadicí páka uložena na kulovém čepu. Může se pohybovat ve dvou a více různoběžných rovinách, které procházejí středem kulového čepu. Kulisa umístěná mezi řazením a víkem převodovky umožňuje správné zařazení.
- **kulisové:** pohyb řadicí páky je zajištěn jejím uložením na válcovém čepu. Vně převodovky je kulisa, která páku vede.
- **odloučené:** Jedním nebo několika táhly je spojena řadicí páka se zasouvacím mechanismem v převodovce, díky tomu může být řadicí páka umístěna mimo převodovku, její pohyb je odvislý od pohybu kulisy na převodovce
- **řazení s předvoličem:** řidič si na předvoliči nastaví polohu řazení, na základě tohoto pokynu samotné zařízení ve vhodný okamžik (například při vyšlápnutí spojkového pedálu) provede zařazení rychlostního stupně.
- **sekvenční řazení:** řadicí páka umožňuje pohyb pouze v ose vozidla, řazení je možné provádět za sebou od prvního po poslední. Samotné řazení provádí otočně uložená hřídel s drážkami, která vodí řadicí vidlice. [6]

#### Nepřímé řazení

Převodový stupeň je měněn pokynem řidiče, avšak ne jeho silou, řadíme zde:

- vzduchové, přetlakové, nebo podtlakové řazení
- elektronické řazení – elektronicky ovládané ventily
- kapalinové s elektronickým řazením

#### Samočinné řazení

Řídicí jednotka mění převodový poměr v závislosti na jízdním režimu vozidla. Řidič ovlivňuje řazení jen v omezeném rozsahu, nepřímo, například tím, že sešlápně pedál akcelérátoru nebo brzdový pedál. [6]

### 3.3.4 Rozdělení podle způsobu synchronizace

Pro dosažení plynulého záběru při řazení je nutné vyrovnat obvodové rychlosti řazených ozubených kol, aby nedocházelo k rázům a ozubení se nepoškozovalo.

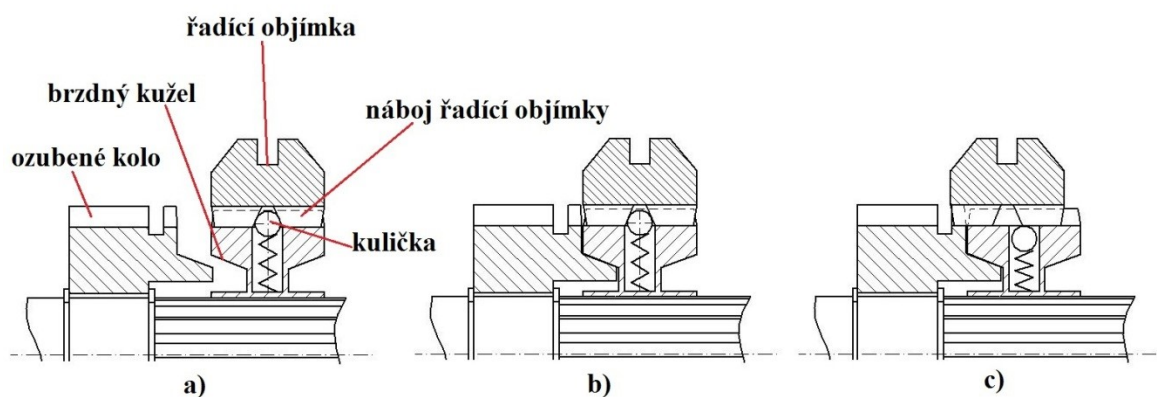
#### Bez synchronizace

- posuvná kola: nejstarší a nejjednodušší, dnes se používá především pro zpětný chod, někde také pro řazení prvního rychlostního stupně. Mezi koly jsou velké rozdíly v obvodových rychlostech. Jedno kolo je vždy pevné, druhé posuvné axiálně.
- zubová spojka: soukolí je ve stálém záběru, na hřídeli, na které je kolo volně otočné se nachází zubová spojka, která je uložena v drážkování hřídele posuvně. Na náboji kola je vnější ozubení, na které se nasune vnitřní ozubení zubové spojky. [6]

#### Synchronizační systémy

Synchronizační systémy vyrovnávají rozdíly v obvodových rychlostech soukolí, před jejich spojením, zajišťují tiché a rychlé řazení. Většina silničních vozidel je vybavena synchronizací všech převodových stupňů kromě zpětného chodu, který má jako jediný převodový stupeň kola s přímými zuby, všechny ostatní stupně mají šikmé ozubení, což zamezí rázům a chod je tišší.

- jednoduchá synchronizace s pružně omezenou přitlačnou silou: kuličky s radiálními vinutými pružinami zabráňují samovolnému posuvu řadicí objímky, spojují řadicí objímku s nábojem řadicí objímky. Při řazení je brzdný kužel tlačěn na třecí kužel spojkového tělesa, třením se vyvolává synchronizace. Větší přitlačná síla znamená rychlejší synchronizaci. [6]



**Obr. 6** Synchronizační spojka s pružně omezenou přitlačnou silou:

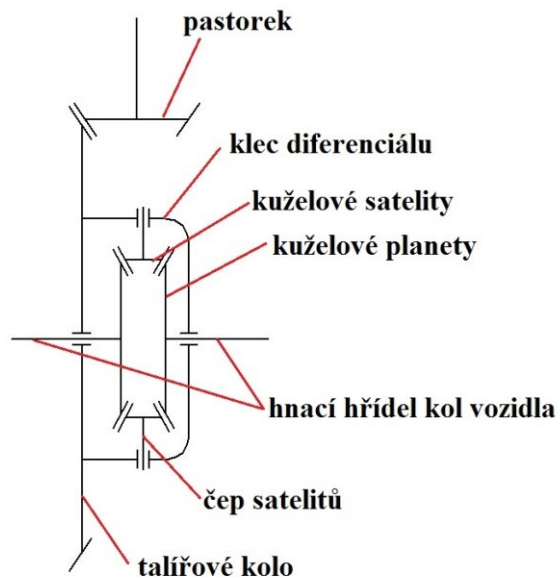
a) volná poloha, b) synchronizace, c) zařazení převodového stupně



- jištěná (cloněná): pracuje na stejném principu jako jednoduchá synchronizace s pružně omezenou přitlačnou silou, clonící kroužek, který má navíc zabraňuje zařazení před vzájemným vyrovnaním otáček, řazení je tišší a rychlejší.
- blokovací synchronizace Porsche: rozříznutý prstenec dosedající na vnitřní ozubení zubové spojky zde tvoří synchronizační kužel. Rozříznutím se opírá o výstupek na ozubeném kole a díky třecí síly se rozevívá, to má za následek zvýšení přitlačné síly. Když zubová spojka sevře rozříznutý prstenec a převlékne se přes něj, je umožněno její zasunutí. Síla zasouvací je zde úměrná síle přitlačné
- lamelová synchronizace: konstrukce vychází z třecích spojek, případně z třecích brzd
- dvoukuželový synchronizační systém: má zvětšené třecí plochy, díky tomu je zapotřebí menší řadící síly
- trojkuželová synchronizace: synchronizace probíhá na třech kuželových plochách
- synchronizace s blokujícím čepem: blokovací čep má dva průměry a je pružně uložen v synchronizačním kroužku, přičemž je v řadící objímce uložen volně mimo osu, při náběhu na větší průměr čepu se zvětšuje přitlačná síla a synchronizační kroužek tlačí na ozubené kolo, čep se dostane do osy díry v řadící objímce a proběhne zařazení.
- jištěná synchronizace systém Borg-Wagner
- synchronizace Mercedes-Benz s vnějším kuželem

### 3.4 Rozvodovka

Ve skříní rozvodovky je uložen stálý převod a diferenciál. Stálý převod slouží pro zvětšení momentu z převodovky a rozvedení hnacího momentu na hnací kola vozidla. Diferenciál zajišťuje rozdělení točivého momentu na obě kola a vyrovnává obvodové rychlosti při jízdě zatáčkou. [6]



**Obr. 7** Rozvodovka – kuželové soukolí a diferenciál s kuželovými koly

### 3.4.1 Druhy stálých převodů

- jednostupňové rozvodovky: používají se kuželová soukolí se zakřivenými nebo hypoidními zuby. Zakřivené zuby jsou nehluché méně citlivé na nepřesnosti výroby, dosahují větších převodových poměrů a mají vysokou únosnost, působí na ně však větší axiální síly. U hypoidního kuželového soukolí je osa pastorku mimo osu talířového kola. Tišší chod u hypoidního soukolí je způsobeno přídavným skluzem, snesou větší zatížení a nejsou tak náročné na seřízení. Ozubená kola jsou stále v záběru a musí přenášet vysoké momenty a otáčky.
- dvoustupňové rozvodovky: především u těžkých nákladních automobilů, z důvodu potřeby velkého převodu. Obecně se dají rozdělit podle konstrukce:
  - dvojstupňová rozvodovka: jeden převod je kuželovými koly, druhý čelními ozubenými koly. Touto konstrukcí docílíme velkých převodových poměrů nebo menší světlé výšky rozvodovky vlivem možnosti menšího talířového kola. Některé nákladní automobily mají rozvodovku s řaditelným dalším převodem – kuželové soukolí a planetová převodovka
  - dvojnásobný vnější převod pastorkový: provedení vhodné pro terénní automobily pro vyšší světlou výšku a pro nízkopodlažní autobusy
  - dvojnásobný vnější planetový převod:
  - dvojnásobný vnější převod hnací nápravy s kuželovými diferenciály [6]

### 3.4.2 Diferenciál

Při jízdě zatáčkou opisuje vnější kolo větší poloměr, čili musí ujet delší dráhu oproti kolu vnitřnímu. Rozdíl v otáčkách vyrovnává diferenciál a tím snižuje opotřebení pneumatik, sníží se výkonové ztráty a usnadní se řízení. Základní rozdělení podle konstrukce:

- kuželový diferenciál
- diferenciál s přímými koly
- kuželové diferenciály s uzávěrou: uzávěra diferenciálu slouží pro jeho dočasné vyřazení z provozu, například když se jedno hnací kolo dostane na kluzké nebo sypké místo.
- samosvorné diferenciály: diferenciály s uzávěrou jsou z hlediska užívání automobilu nepohodlné, tuto nevýhodu odstraňují samosvorné diferenciály. Samosvornost spočívá ve zvýšení tření v diferenciálu, jsou tři základní typy:
  - vačkové diferenciály
  - diferenciály se zvýšeným třením
  - automatické diferenciály [6]

### 3.5 Základní parametry

#### Převodový poměr

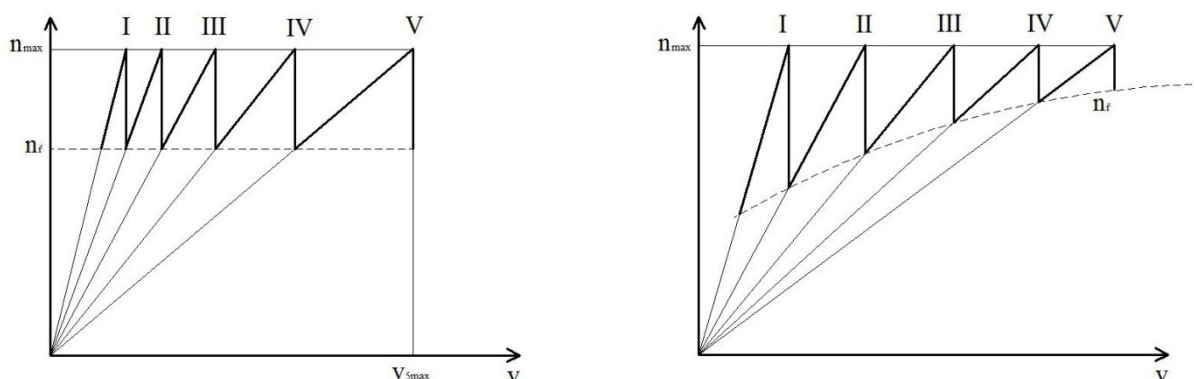
Základní charakteristická veličina všech převodových mechanismů, může být určena počtem zubů hnaného a hnacího kola, popřípadě jejich průměry nebo otáčkami hnacího a hnaného kola. Pokud je převodový poměr větší, než jedna, jedná se o převod do pomala. Hovoříme tak o reduktoru. Je-li větší než jedna, jedná se o převod do rychla a hovoříme o rychloběhu.

#### Rozsah rychlostních stupňů

Určuje se jako poměr maximálního celkového převodového poměru mezi motorem a hnacími koly a minimálního převodového poměru mezi motorem a koly. Minimální (základní) převod se určí z požadovaných vlastností vozidla a to z maximálních otáček motoru, maximální rychlosti vozidla a dynamického poloměru. Maximální převod se určí z požadavku na maximální stoupavost (u terénních vozidel je navíc kladen požadavek na minimální rychlost, kterou se má vozidlo pohybovat při požadované maximální stoupavosti).

## Pilový diagram

Je v něm znázorněno rozvržení jednotlivých rychlostních stupňů, vyčteme z něj závislost otáček motoru na rychlosti vozidla při jednotlivých rychlostních stupních. Lze z něj vyčíst nejmenší a největší rychlosti při jednotlivých stupních. Poměr dvou po sobě jdoucích převodů může být stálý (odstupňování podle geometrické řady) nebo progresivní (zvětšuje se s narůstající rychlostí).



**Obr. 8** Pilový diagram (vlevo geometrické odstupňování, vpravo progresivní)

## Počet rychlostních stupňů a jejich odstupňování

Aby bylo vozidlo schopno dostatečně využít výkon motoru a pokrýt tak v širokém rozsahu potřebnou hnací sílu a rychlost, musí být vybaveno kromě základního a maximálního převodu řadou dalších převodů, což vede ke zlepšení využití výkonu motoru. Platí, že čím více převodových stupňů při daném rozsahu je, tím menší je rozestup mezi nimi, to má za následek snadnější řazení po sobě jdoucích stupňů. [7]

## 4 Detailní informace k převodovce

### 4.1 Technické parametry

Převodové ústrojí včetně rozvodovky má označení 20DM09. Jedná se o manuální, dvouhřídelovou, pětistupňovou převodovku pocházející z vozidla Peugeot 307, motorové verze 2.0 HDi, o výkonu 79 kW (kód motoru: DW10ATED). Vozidlo osazené tímto motorem a převodovkou dosahuje maximální rychlosti 183 km/h při otáčkách 4000 min<sup>-1</sup>, maximálního krouticího momentu 250 Nm dosahuje již při otáčkách 1750 min<sup>-1</sup>. Převodový poměr dosahuje hodnot od 0,66 do 3,455 (celkový od 2,43 do 12,7). Výrobce motoru, převodového ústrojí a celého vozu Peugeot 307 je francouzský výrobce osobních a užitkových automobilů PSA Peugeot Citroën.

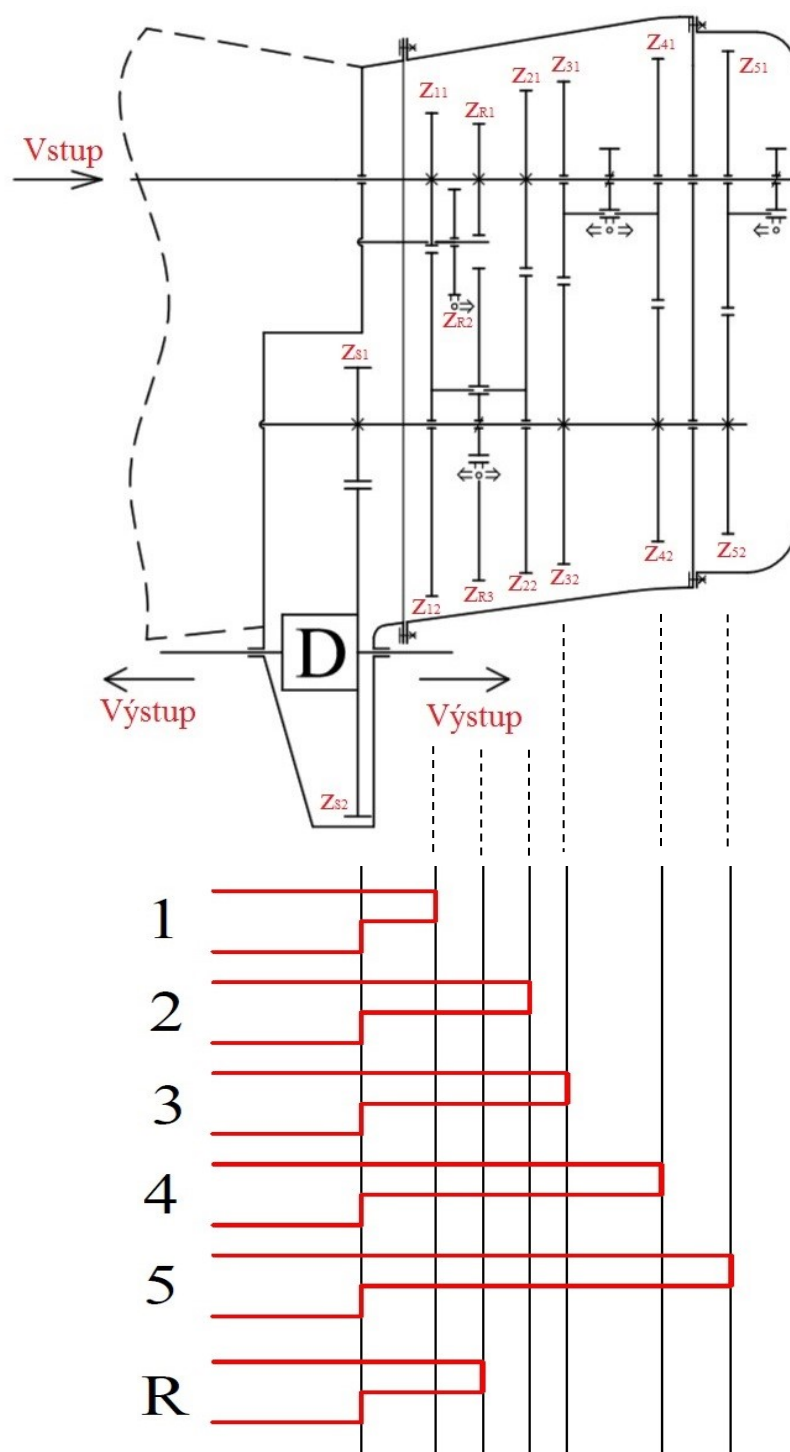
#### Převodový poměr

Převodový poměr je v tomto případě počítán jako poměr počtu zubů hnaného kola k počtu zubů kola hnacího. Celkový převodový poměr je pak vypočítán jako násobek dílčího převodového poměru pro jednotlivé stupně vynásobený převodovým poměrem stálého převodu.

**Tab. 1 Převodové poměry:**

Převodový stupeň	Hnací kolo			Hnané kolo	Převodový poměr $i_i$	Celkový převodový poměr $i_c = i_i \cdot i_s$
1	$z_{11}=11$			$z_{12}=38$	$\frac{38}{11} = 3,455$	$\frac{38}{11} \cdot \frac{70}{19} = 12,727$
2	$z_{21}=23$			$z_{22}=43$	$\frac{43}{23} = 1,870$	$\frac{43}{23} \cdot \frac{70}{19} = 6,888$
3	$z_{31}=27$			$z_{32}=31$	$\frac{31}{27} = 1,148$	$\frac{31}{27} \cdot \frac{70}{19} = 4,230$
4	$z_{41}=45$			$z_{42}=37$	$\frac{37}{45} = 0,822$	$\frac{37}{45} \cdot \frac{70}{19} = 3,029$
5	$z_{51}=47$			$z_{52}=31$	$\frac{31}{47} = 0,660$	$\frac{31}{47} \cdot \frac{70}{19} = 2,430$
R	$z_{R1}=12$	$z_{R2}=31$	$z_{R3}=40$		$\frac{31}{12} \cdot \frac{40}{31} = 3,333$	$\frac{31}{12} \cdot \frac{40}{31} \cdot \frac{70}{19} = 12,281$
S	$z_{S1}=19$			$z_{S2}=70$	$\frac{70}{19} = 3,684$	-

*Popis:* (1-5 – převodové stupně, R – zpětný chod, S – stálý převod,  $z_{ij}$  – počet zubů jednotlivých kol)



**Obr. 9** Schéma převodového ústrojí 20DM09 včetně zobrazení toku momentu při jednotlivých převodových stupních: 1-5 – převodové stupně; R – zpětný chod; S – stálý převod;  $z_{ij}$  – počet zubů jednotlivých kol

## Odstupňování

Kvocient (poměr dvou po sobě jdoucích převodových poměrů):

$$q = \frac{i_{z-1}}{i_z} \quad [-] \quad (1)$$

**Kde:**

$q$  – kvocient [-]

$i_z$  – převodový poměr z-tého (posledního) stupně [-]

$i_{z-1}$  – převodový poměr (z-1)-tého stupně [-]

$z$  – poslední převodový stupeň [-]

$$q_{1-2} = \frac{i_1}{i_2} = 1,848$$

$$q_{2-3} = \frac{i_2}{i_3} = 1,628$$

$$q_{3-4} = \frac{i_3}{i_4} = 1,396$$

$$q_{4-5} = \frac{i_4}{i_5} = 1,247$$

$$q_{1-2} > q_{2-3} > q_{3-4} > q_{4-5}$$

Z následujícího výpočtu je vidět, že se bude jednat o odstupňování progresivní se zmenšujícím se převodovým poměrem se zmenšuje i kvocient.

Rozsah rychlostních stupňů:

$$R = \frac{i_1}{i_z} \quad [-] \quad (2)$$

**Kde:**

$R$  – rozsah rychlostních stupňů [-]

$i_z$  – převodový poměr z-tého (posledního) stupně [-]

$i_1$  – převodový poměr prvního stupně [-]

$$R = \frac{i_1}{i_5} = 5,238 \rightarrow 5$$

Rozsah rychlostních stupňů se zaokrouhluje na nejbližší celé číslo, což je v tomto případě 5.

Stupeň progresivity:

$$y = \frac{(z^2 - 3z + 2)}{\sqrt{q_n^{(z-1)}}} \quad [-] \quad (3)$$

$$y = \frac{(5^2 - 3 \cdot 5 + 2) \sqrt{\frac{R}{q_{4-5}^{(5-1)}}}}{\sqrt{q_{4-5}}} = 1,066$$

**Kde:**

$y$  – stupeň progresivity [-]

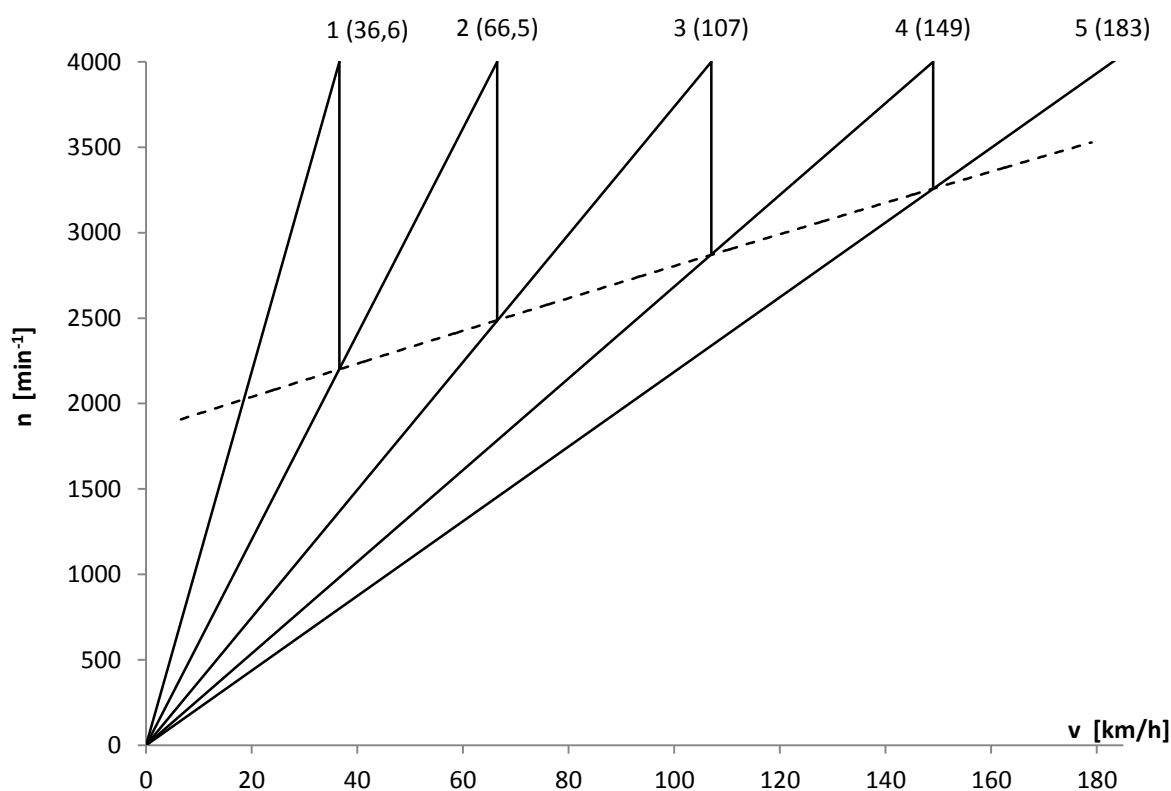
$R$  – rozsah rychlostních stupňů [-]

$z$  – poslední převodový stupeň [-]

$q_n$  – kvocient posledního a předposledního převodového poměru [-]

**Tab. 2 Odstupňování převodovky:**

Převodový rozsah $R$	Rychlostní stupeň					Poznámka
	1	2	3	4	5	Progresivní odstupňování $q_n=1,247$ $y=1,066$
5,238	3,455	1,870	1,148	0,822	0,660	
Převodový skok:	1,848	1,628	1,396	1,247		



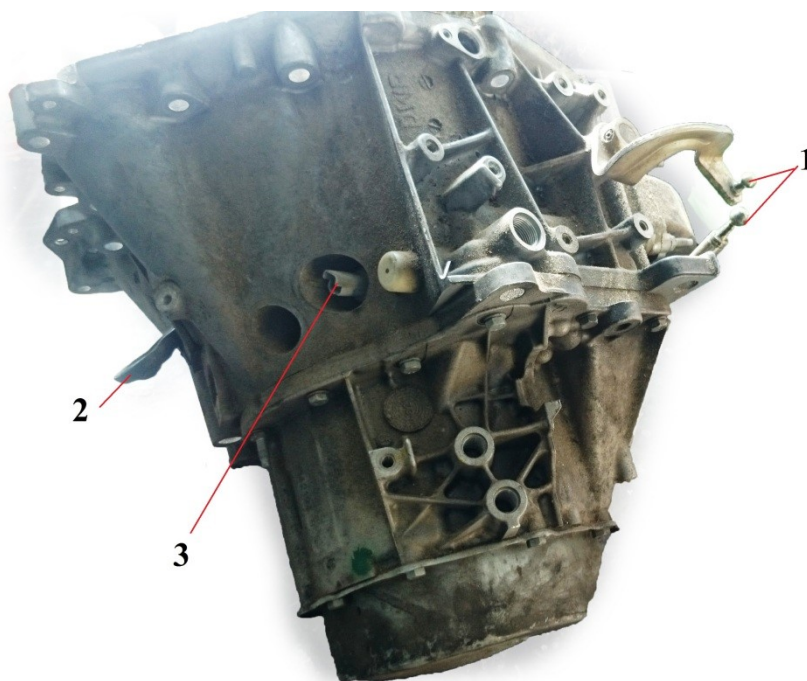
**Obr. 10** Pilový diagram zadané převodovky

Z pilového diagramu (Obr. 10) je zřetelné, jakých maximálních rychlostí automobil dosahuje na jednotlivé převodové stupně při maximálních otáčkách, dále je v něm názorněji vidět progresivní odstupňování. Největší rozsah rychlosti pokrývá třetí a čtvrtý převodový stupeň, což je z konstrukčního hlediska logické.



## 4.2 Konstrukční řešení

- Skříň převodovky (Obr. 11): slouží k uložení hřídelů a díky ložiskům zachycuje síly, které vznikají při záběru kol. Tvoří nosnou část řadicího ústrojí (převodní a řadicí páky, 1) a zároveň je to nádrž pro mazací olej. Musí být dokonale těsná kvůli úniku oleje, dále musí obsahovat vypouštěcí a napouštěcí otvor. Skříň je vyrobena jako odlitek hliníkové slitiny a je svisle dělená na dva kusy. Díky hliníkové slitině je skříň lehčí. Na začátku je rozšířená a tvoří komoru spojky, v ní pak páku vypínání spojky (2).

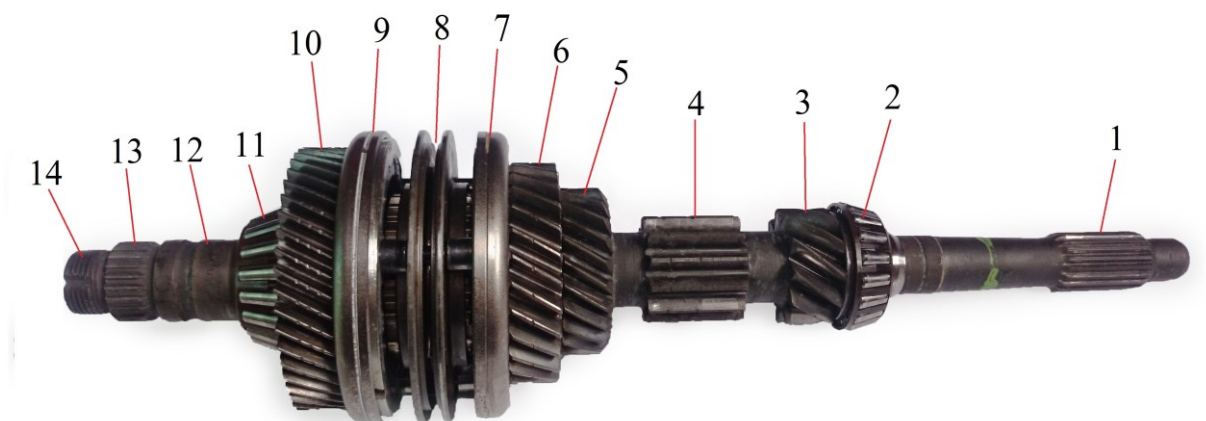


**Obr. 11** Skříň převodovky:

1 – převodní a řadicí páka; 2 – ovládání spojky; 3 – snímač couvacích světel

- Hřídele: jsou rovnoběžné a musí být dostatečně tuhé, aby nedocházelo k jejich průhybu, průhyb zvyšuje hlučnost a snižuje životnost vlivem špatného záběru zubů. Jsou vyrobeny z ocele třídy 16.
  - Vstupní hřídel (Obr. 12): oproti výstupní hřídeli je delší, především díky dlouhému vstupu, na kterém je drážkování pro náboj spojkového kotouče (1). Přímě na hřídeli jsou vytvořena ozubená kola pro první (3) a druhý (5) převodový stupeň a ozubené kolo pro zpětný chod (4), které má jako jediné ozubení s přímými zuby. Kola třetího (6) a čtvrtého (10) převodového stupně jsou uložena volně v ložiscích a oba jsou opatřena zubovou spojkou. Synchronizace je zde provedena pomocí blokujícího čepu, protikusy synchronizačních kroužků (7, 9) zajišťují vyrovnaní otáček a řadicí objímka (8) zařazení třetího nebo čtvrtého převodového stupně. Ozubené kolo pátého převodového stupně je také volně uloženo na hřídeli (12). Synchronizační těleso je

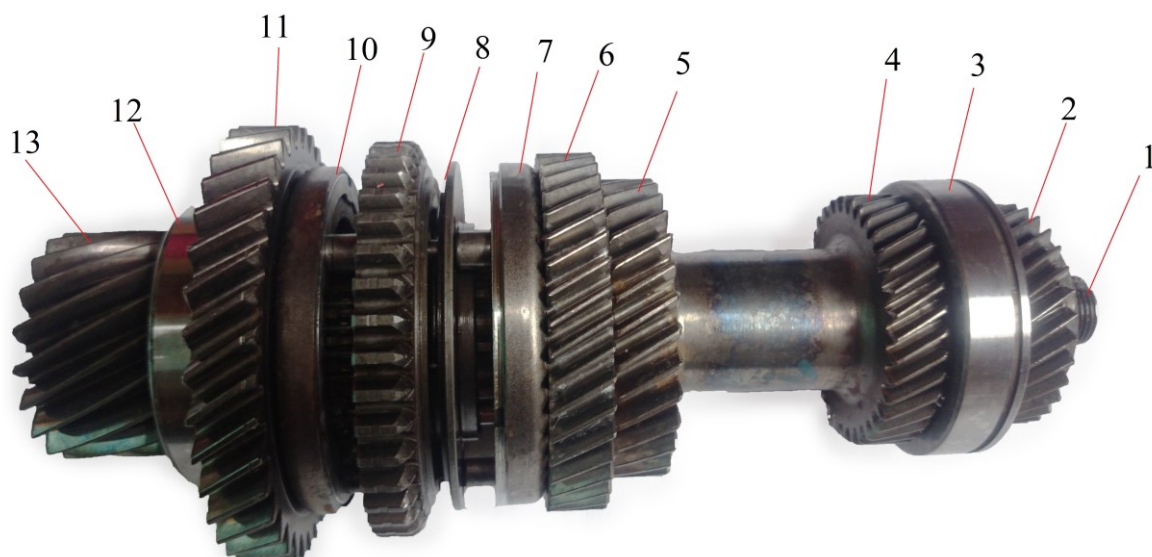
uloženo na konci hřídele v drážkování (13) a je zajištěno maticí (14). Celá hřídel je uložena ve dvou kuželíkových ložiscích (2, 11), ty se používají kvůli své vysoké únosnosti v radiálním i axiálním směru a kvůli jednoduchému upevnění na hřídeli a ve skříni. Jejich nevýhoda spočívá v nutnosti nastavení vůle při montáži a v citlivosti na znečištění mazadla. Hřídel je dutá a v místech volně se otáčejících ozubených kol jsou na skrz průchozí kanálky, aby mohla být ložiska kol mazána.



**Obr. 12** Vstupní hřídel:

1 – drážkování pro náboj spojkového kotouče; 2, 11 – kuželíkové ložisko; 3 – ozubené kolo 1. stupně; 4 – ozubené kolo pro zpětný chod; 5 – ozubené kolo 2. stupně; 6 – ozubené kolo 3. stupně; 7 – protikus synchronizačního kroužku pro 3. stupeň; 8 – řadící objímka; 9 – protikus synchronizačního kroužku pro 4. stupeň; 10 – ozubené kolo 4. stupně; 12 – uložení 5. stupně; 13 – drážkovaná hřídel pro těleso synchronizace; 14 – závit pro jistící matici

- Výstupní hřídel (Obr. 13): je na ní nalisováno ozubené kolo pátého stupně (2), musí být nalisováno, kvůli zajištění válečkového ložiska (3). Ze stejného důvodu je nalisováno i ozubené kolo stálého převodu (13). Ozubená kola třetího (5) a čtvrtého (4) stupně tvoří s hřídelí jeden kus. Ozubená kola pro první (11) a druhý (6) převodový stupeň jsou uložena volně v ložiscích a jsou na nich zubové spojky, zároveň na nich jsou protikusy synchronizačních kroužků (7, 10). Ozubené kolo zpětného chodu (9) je napevno s řadící objímkou (8). Celá hřídel je také dutá kvůli mazání.



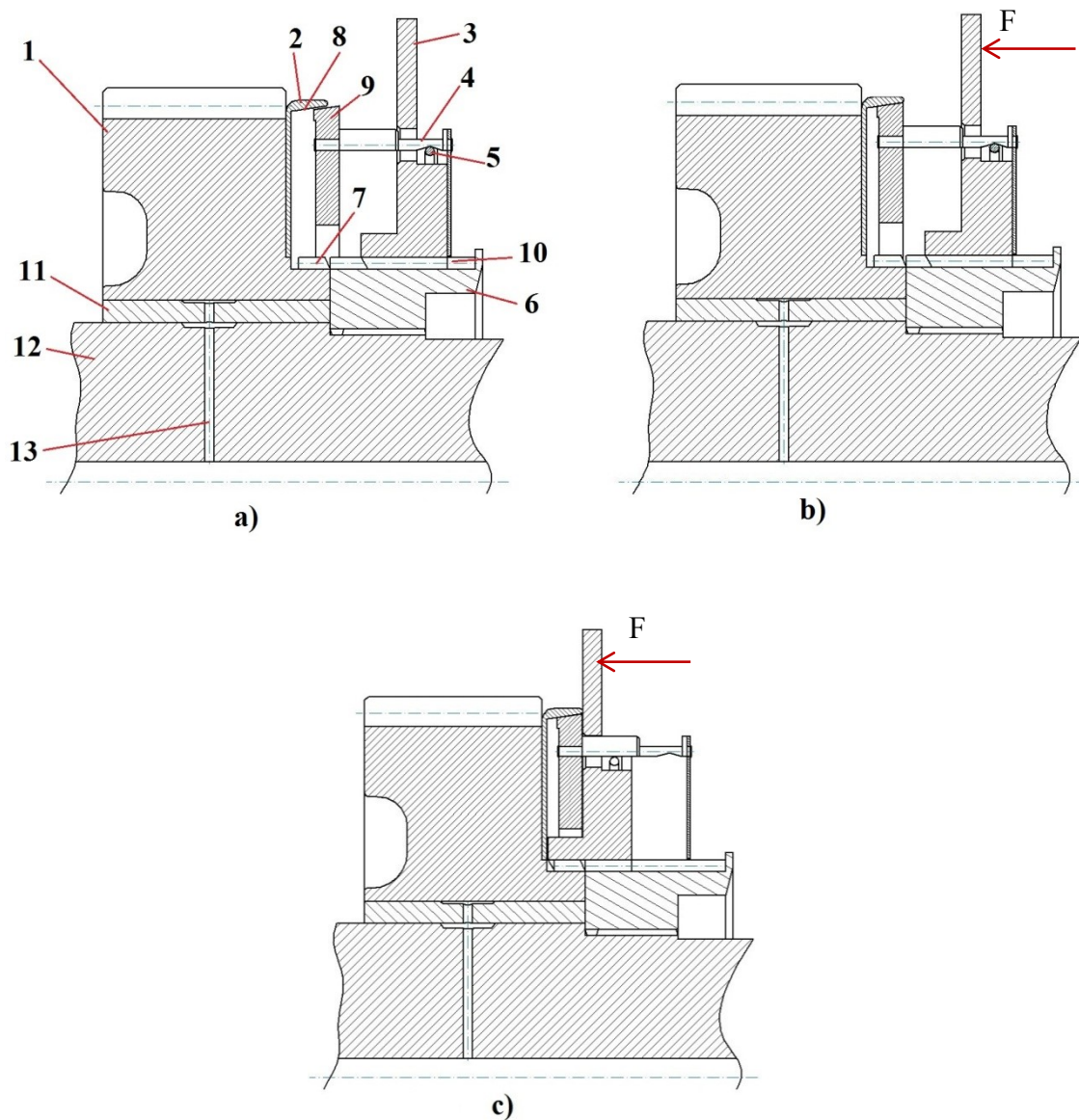
**Obr. 13** Výstupní hřídel:

1 – závit pro pojistnou matici; 2 – ozubené kolo 5. stupně; 3, 12 – válečkové ložisko; 4 – ozubené kolo 4. stupně; 5 – ozubené kolo 3. stupně; 6 – ozubené kolo 2. stupně; 7 – protikus synchronizačního kroužku pro 2. stupeň; 8 – řadící objímka; 9 – ozubené kolo zpětného chodu; 10 – protikus synchronizačního kroužku pro 1. stupeň; 11 – ozubené kolo 1. stupně; 13 – ozubené kolo stálého převodu

- Ozubená kola: až na ozubená kola zpětného chodu jsou všechna ozubená kola (včetně stálého převodu) čelní s šikmými zuby. Zpětný chod je realizován čelními koly s přímými zuby. Ozubená kola musí být dostatečně pevná v ohybu, odolná vůči opotřebení a zadírání, musí být dobře obrobitelné. Tepelně zpracovávaná kola musí být dobře prokalitelné. Na ozubených kolech uložených na hřídeli volně v ložiscích je napevno nalisován plechový výlisek, který tvoří protikus brzdnému kuželu synchronizace, dále je na těchto kolech vytvořeno unášecí ozubení.
- Synchronizace (Obr. 14, 15, 16): jedná se o synchronizaci s blokujícím čepem, její princip spočívá v tom, že čep, který je o dvou průměrech (4) je spojen se synchronizačním kroužkem a řadící objímka (3) je na něm na volno. Tyto čepy jsou tři, z důvodu rovnoměrnosti. Z vnitřní strany je čep rovný a je v něm vyfrézován zub, do něj zapadá pružný kroužek (5), když je spojka v nečinnosti. (Obr. 14 a))

Při vyvíjení síly ( $F$ ) na řadící objímku zub v čepu nepustí pružný kroužek mimo něj, dochází k posunu brzdného kužele (9), který vyvíjí sílu na třecí kužel (8). Ten je nalisován na ozubeném kole (1) a tím dochází k vyrovnávání otáček (synchronizaci). (Obr. 14 b))

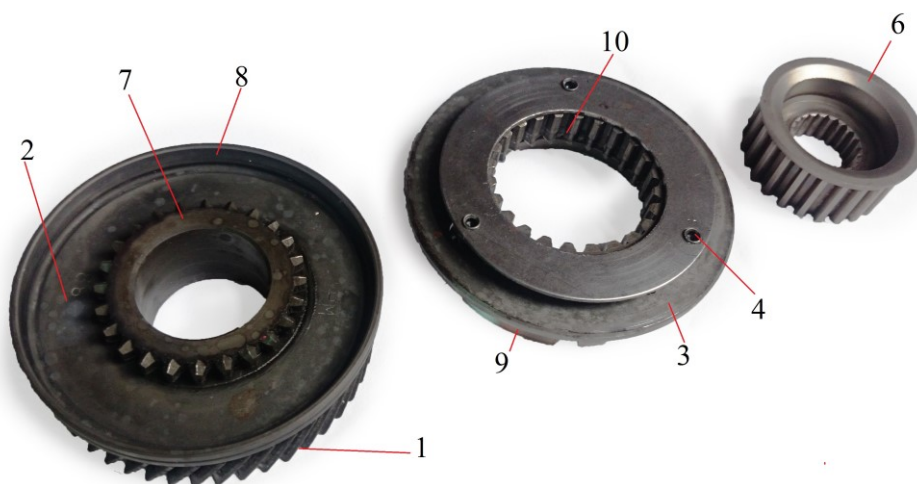
Až při vyvinutí dostatečné síly se pružný kroužek (5) stlačí a sklouzne ze zubu, v ten moment jsou již otáčky kola synchronizovány s otáčkami hřídele a je zařazen převodový stupeň tím, že se náboj řadicí objímky (10) zasune na unášecí ozubení (7). Synchronizační těleso (6) je na hřídeli upevněno v drážkování a zajištěno proti posunu, na něm je umístěna řadicí objímka (3), která je axiálně posuvná. (Obr. 14c))



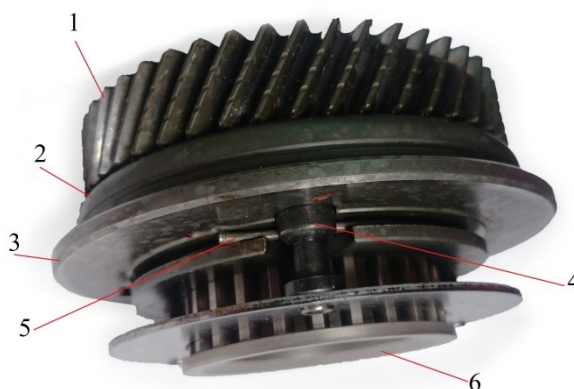
**Obr. 14** Princip synchronizace:

a) volná poloha; b) synchronizace; c) řazení převodového stupně (F – přítlačná síla)





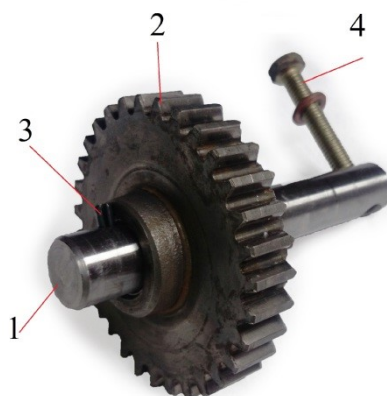
**Obr. 15** Synchronizační systém – částečně rozložený



**Obr 16.** Synchronizační systém – složený:

1 – ozubené kolo; 2 – plechový výlisek na ozubeném kole; 3 – řadící objímka; 4 – blokovací čep; 5 – pružný kroužek; 6 – synchronizační těleso; 7 – unášecí ozubení; 8 – třecí kužel; 9 – brzdny kužel; 10 – náboj řadící objímky; 11 – kluzné ložisko s mazacím kanálkem; 12 – dutý hřídel; 13 – mazací kanálek

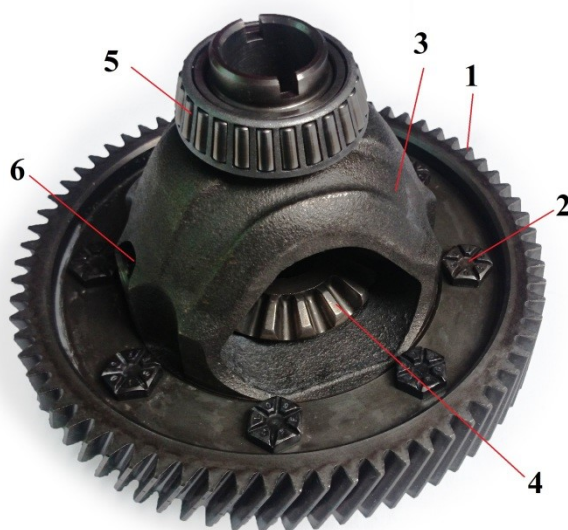
- Zpětný chod (Obr. 17): ozubené kolo zpětného chodu (2) je volně uloženo v kluzném ložisku na hřídeli (1). Hřídel je zajištěna šroubem (4) který jde skrz skříň převodovky. Z druhé strany hřídele je ozubené kolo zajištěno proti vypadnutí perem (3). Zpětný chod je synchronizován částečně a nepřímou, jisticím palcem, který při řazení zpětného chodu posune řadící vidlici 3. a 4. stupně, uzpůsobeno je to tak proto, že automobil při řazení zpětného chodu není v pohybu.



**Obr. 17** Zpětný chod:

1 – hřídel zpětného chodu; 2 – ozubené kolo zpětného chodu; 3 – pojistné pero; 4 – šroub

- Rozvodovka (Obr. 18): je tvořena hnaným kolem stálého převodu – čelní ozubené kolo s šikmými zuby (1), které je přišroubováno osmi šrouby (2) ke kleci diferenciálu (3). Samotný diferenciál je tvořen dvěma kuželovými planetami (4), ve kterých je drážkovaný náboj pro hnací hřídele automobilu. Na čepu satelitů (6) jsou nasazeny kuželové satelity, čep je z obou stran zajištěn perem. Z obou stran je celek uložen v kuželových ložiscích (5) a zajištěn proti úniku maziva hřídelovými těsníci kroužky.

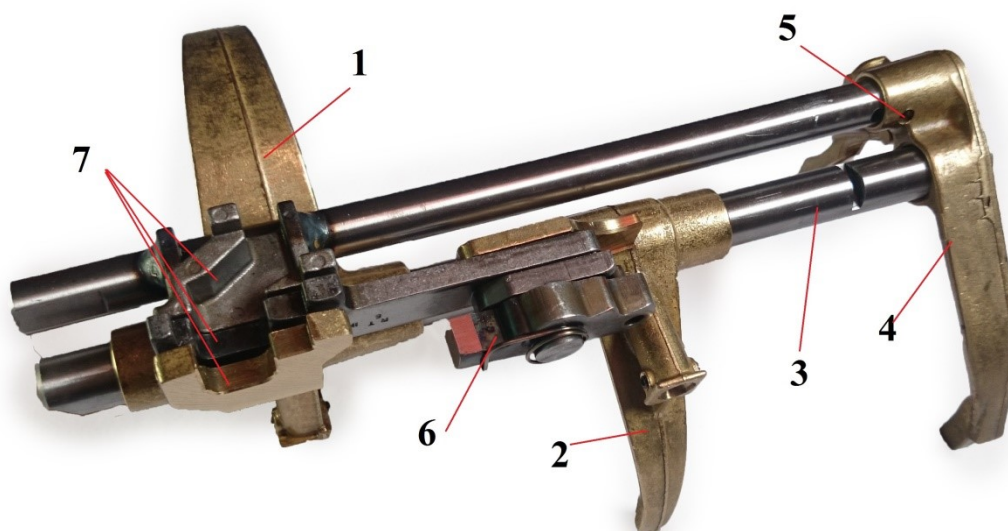


**Obr. 18** Rozvodovka:

1 – kolo stálého převodu; 2 – šroub spojující kolo stálého převodu s klecí diferenciálu; 3 – klec diferenciálu; 4 – kuželové planety; 5 – kuželové ložisko; 6 – čep satelitů

- Mechanismus řazení: dá se rozdělit do dvou dílčích prvků, a to na:
  - Ovládání řadících prvků (Obr. 19): řadící tyč (3) je v převodové skříni uchycena napevno a zajištěna plechovou vidličkou, v místech řadících vidlic jsou v ní vyfrézovány výřezy pojištění, pro zajištění řadící vidlice. Na řadící tyči jsou řadící

vidlice pro 1. – 2. stupeň (1), 3. – 4. stupeň (2) a pro 5. stupeň, ty jsou na tyči posuvné, zajištěné zajišťovací západkou. Je to kulička tlačena pružinou na tyč, zapadá do výřezů (nedosedá až na dno, opírá se o hrany výřezů) pojištění v řadicí tyči, tím je zabráněno v samovolném pohybu řadicích vidlic. Přítlačná síla kuličky není regulovatelná, komůrku západky uzavírá pružné pero. Vidlice 5. stupně se nachází mimo střední díl skříně, musí mít svou řadicí tyč, ke které je perem (5) přichycena, tím je zajištěn její pohyb. Každá řadicí tyč má svou suvku řazení (7) v té se pohybuje palec řazení (8) a je tím tak zajištěn pohyb řadicích vidlic. Jistící palec (6) zabraňuje zařazení zpětného chodu, aniž by nebyl alespoň částečně synchronizován, při řazení zpětného chodu na něj tlačí vidlice a posouvá tak řadicí vidlici pro 3. a 4. stupeň (2).

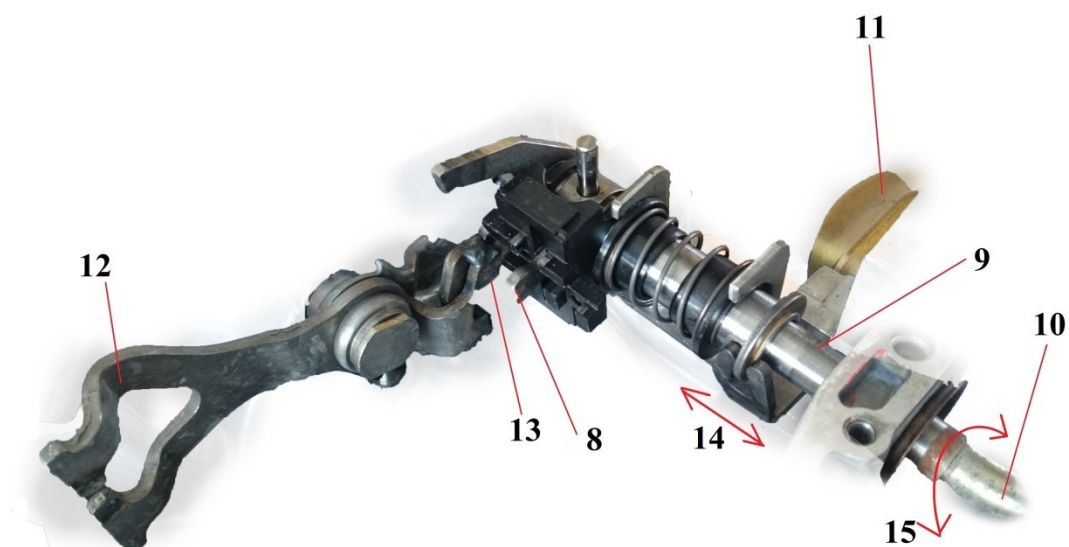


**Obr. 19** Ovládání řadicích prvků:

1 – řadicí vidlice pro 1. – 2. stupeň; 2 – řadicí vidlice pro 3. – 4. stupeň; 3 – řadicí tyč; 4 – řadicí vidlice pro 5. stupeň; 5 – pero; 6 – jistící palec; 7 – suvky řazení

- Ústrojí vnitřního řazení (Obr. 20): řadicí palec (8) je umístěn na řadicí hřídeli (9) a je ovládán pomocí páky řazení (10) a páky volby (11). Díky páky řazení je možno řadicí hřídel natáčet kolem vlastní osy (15), což zajistí vlastní zařazení převodového stupně. Díky páky volby je možno řadicí hřídel posouvat v ose hřídele (14). Řadicí hřídel je zajištěna kolíkem a pojistnými kroužky aby nedošlo k jejímu vysunutí, pojistné kroužky navíc drží plastové pouzdra, mezi kterými se nachází pružina, která zajišťuje navrácení volící páky do neutrální polohy. Řadicí vidlice zpětného chodu

(12) má svůj vlastní řadící palec (13). Řadící vidlice hýbe s ozubeným kolem zpětného chodu. Proti samovolnému pohybu je zajištěna kuličkou tlačenu pružinou.



**Obr. 20** Ústrojí vnitřního řazení:

8 – řadící palec; 9 – řadící hřídel; 10 – páka řazení; 11 – páka volby; 12 – řadící vidlice zpětného chodu; 13 – řadící palec zpětného chodu, 14 – posun hřídele ve směru osy; 15 – natáčení hřídele kolem vlastní osy



## 5 Realizace pomůcky

### 5.1 Návrh využití

Ne každý student měl možnost se na střední škole setkat s převodovým ústrojím současných automobilů na takové úrovni, aby si mohl vyzkoušet a viděl by, co se děje při řazení, při synchronizaci a jak to uvnitř celé převodovky vypadá. Proto se pokusím ve své práci nastínit význam a funkci jednotlivých součástí. Výuková pomůcka může být využita ve výuce předmětů, které se zabývají problematikou převodů a konstrukcí převodovek. Může pomáhat ve výuce například těchto předmětů:

- Stavba silničních vozidel
- Pohony a převody
- Silniční vozidla I, II
- Opravárenství vozidel

Studenti si mohou vyzkoušet řazení a uvidí detailně konstrukci. Pomůcka by mohla dále být použita při prezentaci Institutu dopravy na dnech otevřených dveří.

### 5.2 Návrh řešení

Převodovka musí být nejdříve očištěna, druhý krok bude její rozebrání. Třetí krok je samotná tvorba pomůcky, na Obr. 21 je znázorněn návrh odfrézování skříně. Ten se v pozdějších krocích ukáže jako proveditelný. Do krytu diferenciálu bude taky vytvořen otvor. Po vytvoření otvoru bude následovat zpětné složení a test funkčnosti.

Po zhotovení výukové pomůcky (samotné převodovky) se zhotoví stojan, který by měl být dostatečně vysoký, stabilní a měl by zajišťovat snadnou manipulaci s převodovkou, dále by k němu měla být pevně připevněna informační cedule, která bude dávat základní informace o převodovce, informace o převodových poměrech a principu řazení.



**Obr. 21** Návrh odfrézování skříňe převodovky (červená – místo odfrézování)

### 5.3 Postup práce:

Po detailním prozkoumání převodovky, zjištění výrobního čísla a částečném očištění jsem se rozhodl volit jako první krok povolení a vyndání šroubu pro vypuštění převodového oleje, nachází se na spodní straně středního dílu skříňe převodovky. Po zjištění, že olej je již vypuštěn jsem povolil tři šrouby a odstranil přírubu s ozubeným kolem pro rychloměr, dále šest šroubů krytu rozvodové skříňe (viz příloha A) a vyjmul rozvodovku. Poté následovalo povolení sedmi šroubů plechového krytu posledního převodového stupně (viz příloha B), po sejmutí krytu následovalo sundání řadící vidlice 5. stupně, která byla jištěna perem. Po sejmutí řadící vidlice jsem povolil šroub držící vidličku zabraňující v pohybu vodící tyče. Následuje povolení tří šroubů a jejich vyjmutí společně s přírubou zabraňující v pohybu hnací hřídele uvnitř příruby spojky. Poté povolení všech šroubů spojujících oba díly skříňe převodovky a následné oddělení (viz příloha C, D), přičemž mechanismus řazení bez řadících vidlic a vodící tyče zůstává na přírubě spojky a řadící vidlice společně s hřídelem zůstává zatím pevně přichycená ke střední části skříňe převodovky. Za pátým převodovým stupněm (na konci hřídelů) se nachází matky se zajištěním zaklepnutím hran, po rozklepnutí matek a jejich povolení šlo sundat kolo 5. převodového stupně společně s mechanismem synchronizace, tím je uvolněna hnací hřídel, hnaná hřídel je zajištěna pojistným kroužkem. Posledním krokem bylo samotné vyjmutí hřídelů ze střední části skříňe převodovky, obě hřídele šli poměrně lehce vyndat. Mechanismus řazení nebyl ze skříňe převodovky vydán, kolík, který ho zajišťuje je v něm nalisován a nelze jej vyjmout.

#### 5.4 Realizace samotné pomůcky:

Jelikož pomůcka musí názorně zobrazovat řazení a konstrukci převodovky do skříně převodovky byly vyfrézovány otvory. Střední část skříně je téměř celá odfrézována pomocí čelní frézy o průměru 10 mm (viz příloha E), část příruby spojky je odfrézována jen v místě mechanismu řazení, použita byla čelní fréza o průměru 12 mm. Do krytu rozvodovky jsem vyřezal otvor úhlovou bruskou, aby bylo vidět kolo stálého převodu a diferenciál. Po odfrézování a řezání následovalo ojetlení hran, nejen nově vytvořených, ale všech které by mohly být ostré nebo nebezpečné. Skříň převodovky jsem opět očistil (při frézování byla zanesena třískami a chladicí kapalinou), zbývající díly převodovky jsem také očistil. Pro čištění jsem použil přípravek na čištění brzd a přípravek na čištění motoru, kvůli jejich odmašťovacím schopnostem. Po očištění následovalo složení převodovky, postup skládání byl opačný jako u rozebírání, práci mi však ulehčili již vytvořené otvory, plechový kryt posledního převodového stupně nemělo smysl řezat nebo frézovat, nebyl nasazen, na funkčnost výukové pomůcky nemá vliv. Posledním krokem byla už jen kontrola zachování funkčnosti, která ukázala, že je vše v pořádku.

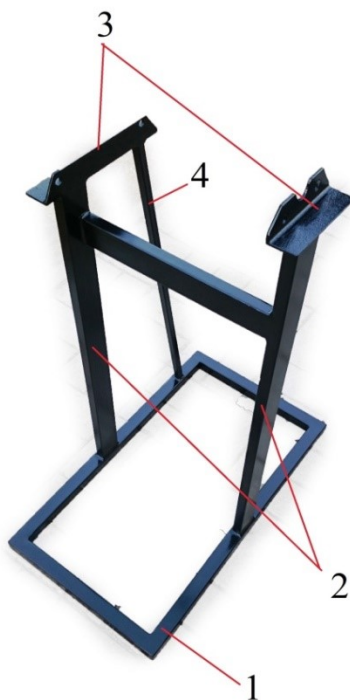


**Obr. 22** Odfrézovaná a sestavená převodovka

## 5.5 Stojan

Stojan volím jako svařenec z několika typů profilů. Podstava je obdélníkového tvaru o rozměru 660x370 mm a je svařena ze čtvercového tenkostěnného profilu TR 4HR 30x2 ČSN 42 6935.1 – 11 320, boční podpěry jsou z tenkostěnného obdélníkového profilu TR OBD 50x20x2 ČSN 42 6936.1 – 11 320, mezi nimi je vložena výztuha stejného profilu, na koncích bočních podpěr jsou navařeny tyče rovnoramenného průřezu L 40x4 ČSN 42 5541.1 – 11 373, do kterých jsou odvrtány otvory pro uchycení převodovky. Strana příruby spojky je doplněna o podpěru z tenkostěnného čtvercového profilu TR 4HR 15x1 ČSN 42 6935.1 – 11 320. Metodu svařování jsem zvolil obloukové svařování, především kvůli dostupnosti (svářečí přístroj i elektrody byly použity z vlastních zdrojů), elektroda byla použita na všechny svary stejná – bazická elektroda ESAB E-B 121 2.0x300 mm. Informační cedule ke stojanu není připevněna, je připevněna přímo ke skříni převodovky (výkres stojanu viz příloha L)

Finální fáze tvorby stojanu spočívala v obroušení a zahlcení svarů, následném očištění a přípravě na lakování. Nejprve byla na stojan nanесena vrstva základní akrylové barvy (viz příloha F). Po zaschnutí a zároveň jako svrchní vrstva byl nanесen univerzální akrylový email černé barvy (viz příloha G). Po zaschnutí barvy byly do rohů podstavy umístěny filcové samolepící podložky, aby nedošlo při manipulaci k poškození podlahy, popřípadě zabarvení.



**Obr. 23** Stojan: 1 – podstava; 2 – boční podpěry; 3 – uchycení převodovky; 4 – výztuha

## 5.6 Informační cedule

Je umístěna na vrchní straně převodovky na podstavci z plexiskla a nerezového plechu. Podstavec je přišroubovaný přímo ke skříni převodovky a informační cedule je do něj vsazena s možností vyjmutí z důvodu oboustrannosti cedule. Z jedné strany informační cedule obsahuje souhrnné informace o převodovce a o automobilu ve které se nachází (označení, výrobce, technická data), dále je na ní zobrazeno schéma převodovky včetně popisu, tok momentu přes jednotlivé převodové stupně a tabulka s převodovými poměry. Na druhé straně je vyfocena převodovka z pohledu, tak, jak před ní člověk stojí s popisem jednotlivých částí a popisem řazení. Formát cedule je velikosti A4 o rozměru 210x297 mm.

**Tabulka 3 Schéma informační cedule**

Název, popis stránky		Název, popis stránky
Schéma převodovky, tok momentů přes jednotlivé převodové stupně	Popis převodovky a automobilu	Popis řazení jednotlivých stupňů
		Popis konstrukce převodovky tak jak před ní člověk stojí
Tabulka převodových poměrů		

## 5.7 Návrh a doporučení

V budoucnu by se dala realizovat učební pomůcka, která bude doplněna o elektromotor, nápravy popřípadě kola a brzdy. Takto zdokonalená pomůcka by se dala využít i v dalších předmětech. Dále by se dala převodovka doplnit o těleso řazení, řadicí páku a bovdeny pro řazení a volbu, tím by se zajistilo řazení jako v automobilu.

Pro vyučování předmětů spojených s konstrukcí silničních vozidel a převodovek samotných by bylo vodné pro porovnání konstrukce zhotovit učební pomůcky jiných druhů převodovek, pro porovnání například automatickou převodovku stejného výrobce, vhodná by byla také učební pomůcka řemenové převodovky a hydrodynamického měniče.

## 6 Závěr

Náplní mé bakalářské práce byl návrh a realizace výukové pomůcky do předmětů zabývajících se stavbou silničních vozidel a převody. V úvodu práce jsem nastínil teorii didaktiky a rozdělení výukových pomůcek. Dále jsem se pokusil popsat teoretický rozbor převodových ústrojí včetně jejich rozdělení a krátce vývoje. Ve druhé části své práce jsem se zabýval popisem jednotlivých částí převodovky a jejich funkcí. Vypracoval jsem informační ceduli, ve které jsou souhrnné informace k převodovce. Díky dobrému technickému zázemí trvala tvorba pomůcky jen několik týdnů. Při výrobě výukové pomůcky jsem se nesetkal skoro s žádnými problémy. Snad jediný problém se naskytl při upínání skříně převodovky do frézky. To jsem vyřešil upínacím přípravkem.

Doufám tedy, že má práce studentům pomůže získat nové poznatky, popřípadě ty stávající, získané z výuky prohloubit. Bakalářská práce mi dala cenné zkušenosti a nové informace, které se mi určitě budou v budoucím studiu i v osobním profesním životě hodit.

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Michalu Richtáři Ph.D. za vedení mé práce, jeho rady a poskytnutí informací. Můj dík patří také rodině a přátelům za podporu při studiu a tvorbu potřebného zázemí.

## 7 Použitá literatura a zdroje

[1] KALHOUS, Zdeněk a Otto OBST. *Školní didaktika*. Vyd. 2. Praha: Portál, 2009, 447 s. ISBN 978-80-7367-571-4.

[2] MAŇÁK, . 1995. *Nárys didaktiky: poema*. 5. dotisk 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita v Brně, 104 s. ISBN 802101124651.

[3] SKALKOVÁ, Jarmila. *Obecná didaktika*. Vyd. 1. Praha: ISV, 1999, 292 s. Pedagogika (ISV). ISBN 80-85866-33-1.

[4] Manuální nebo automatickou převodovku. *Našeinfo* [online]. [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://www.naseinfo.cz/auto-moto/manualni-nebo-automatickou-prevodovku>

[5] Kolečko ke kolečku: od dvou nefungujících stupňů po desetistupňový automat. *Auto.idnes* [online]. 2013 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: [http://auto.idnes.cz/historie-automatickych-prevodovek-d61-/automoto.aspx?c=A130818\\_203039\\_automoto\\_vok](http://auto.idnes.cz/historie-automatickych-prevodovek-d61-/automoto.aspx?c=A130818_203039_automoto_vok)

[6] VLK, František. *Převody motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: Prof.Ing.František Vlk, DrSc, 2006, 371 s. ISBN 80-239-6463-1.

[7] VLK, František. *Lexikon moderní automobilové techniky*. 1. vyd. Brno: Prof.Ing.František Vlk,DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2005, 344 s. ISBN 80-239-5416-4.

[8] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Výkladový automobilový slovník*. Vyd. 3., aktualiz. Brno: Computer Press, 2007, 244 s. Auto-moto-profi (Computer Press). ISBN 978-80-251-1842-9.

### Používaný software

Solid Edge



## **Seznam příloh**

**Příloha A** – Postup rozebírání převodovky – rozvodovka

**Příloha B** – Postup rozebírání převodovky – plechový kryt 5. stupně

**Příloha C** – Postup rozebírání převodovky – rozdělení převodovky (příruba spojky)

**Příloha D** – Postup rozebírání převodovky – rozdělení převodovky (střední část skříně)

**Příloha E** – Postup frézování skříně převodovky

**Příloha F** – Lakování stojanu (základní barva)

**Příloha G** – Lakování stojanu (svrchní barva)

**Příloha H** – Složená učební pomůcka (stojan + převodovka)

**Příloha I** – Informační cedule – strana 1.

**Příloha J** – Informační cedule – strana 2.

**Příloha K** – Kompletní učební pomůcka (včetně stojanu informační cedule) - 1

**Příloha L** – Kompletní učební pomůcka (včetně stojanu informační cedule) - 2

**Příloha M** – Výkres stojanu převodovky

## Příloha A



## Příloha B





**Příloha C**



**Příloha D**





## Příloha E



## Příloha F





## Příloha G

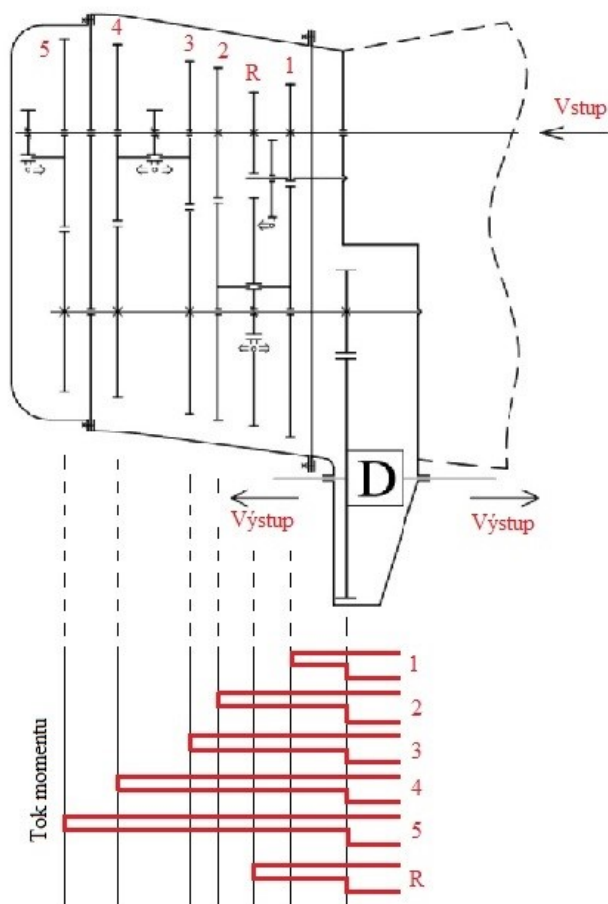


## Příloha H



## Popis převodovky strana 1.

Schéma převodovky



### Popis:

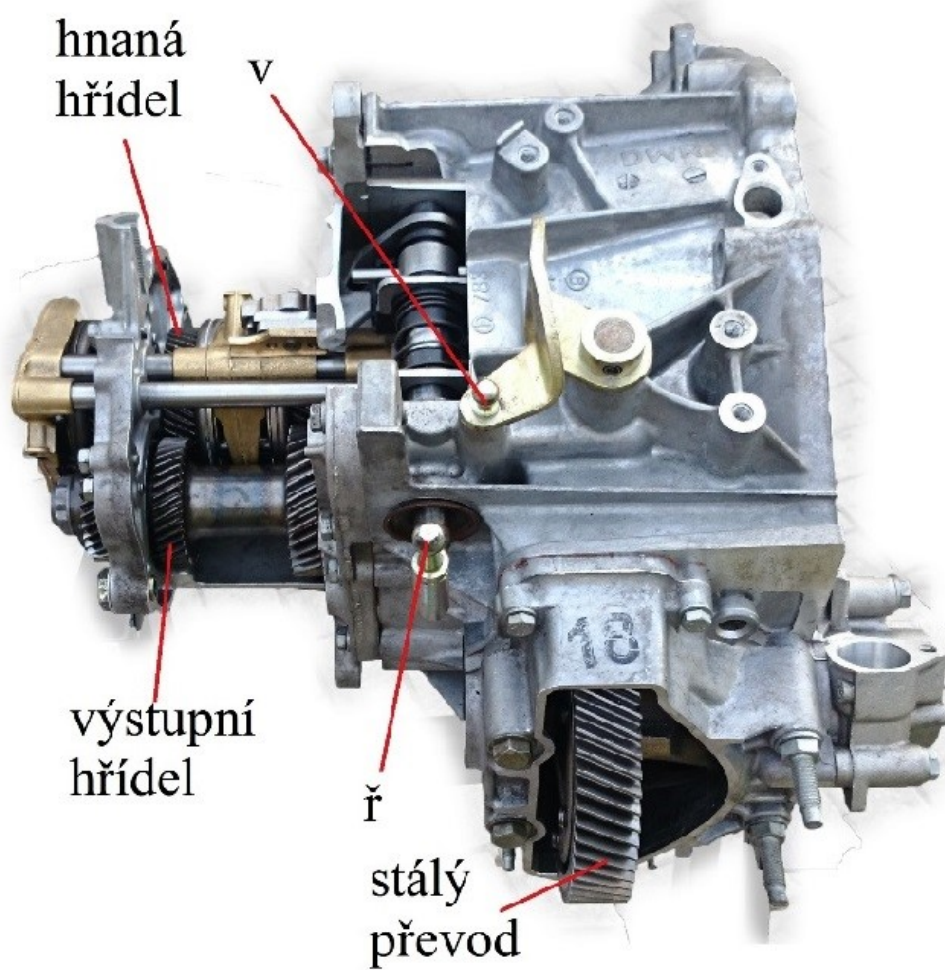
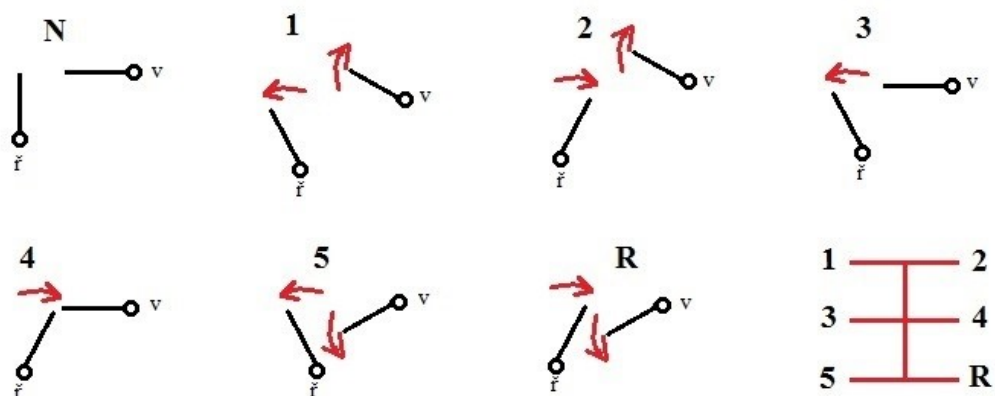
Převodové ústrojí včetně rozvodovky má označení 20DM09, manuální, dvouhřídelová, pětistupňová převodovka pochází z vozidla Peugeot 307, motorové verze 2.0 HDi, o výkonu 79 kW (kód motoru: DW10ATED). Vozidlo osazené tímto motorem a převodovkou dosahuje maximální rychlosti 183 km/h při otáčkách 4000 min<sup>-1</sup>, maximálního krouticího momentu 250 Nm dosahuje již při otáčkách 1750 min<sup>-1</sup>. Převodový poměr dosahuje hodnot od 0,66 do 3,455 (celkový od 2,43 do 12,7). Výrobce motoru, převodového ústrojí a celého vozu Peugeot 307 je francouzský výrobce osobních a užitkových automobilů PSA Peugeot Citroën.

Tabulka převodových poměrů

Převodový stupeň	Hnací kolo	Hnané kolo	Převodový poměr $i_i$	Celkový převodový poměr $i_c = i_i \cdot i_s$
1	11	38	$\frac{38}{11} = 3,455$	$\frac{38}{11} \cdot \frac{70}{19} = 12,727$
2	23	43	$\frac{43}{23} = 1,870$	$\frac{43}{23} \cdot \frac{70}{19} = 6,888$
3	27	31	$\frac{31}{27} = 1,148$	$\frac{31}{27} \cdot \frac{70}{19} = 4,230$
4	45	37	$\frac{37}{45} = 0,822$	$\frac{37}{45} \cdot \frac{70}{19} = 3,029$
5	47	31	$\frac{31}{47} = 0,660$	$\frac{31}{47} \cdot \frac{70}{19} = 2,430$
R	12	31 40	$\frac{31}{12} \cdot \frac{40}{31} = 3,333$	$\frac{31}{12} \cdot \frac{40}{31} \cdot \frac{70}{19} = 12,281$
S	19	70	$\frac{70}{19} = 3,684$	-

## Popis převodovky strana 2.

Princip řazení: řazení probíhá vždy napřed páka volby (v) poté páka řazení (ř)





## Příloha K

